

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-114588

(43)Date of publication of application : 06.05.1998

---

(51)Int.Cl.

C05D 9/00

A01G 1/00

---

(21)Application number : 08-267164

(71)Applicant : FUJI SILYSIA CHEM LTD

(22)Date of filing :

08.10.1996

(72)Inventor : NODA TAKANOBU

HONDA HIROBUMI

---

## (54) FERTILIZER AND ITS USAGE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve a silicic acid feeding power and a silicic acid absorbing utilization of a plant by using a silica gel or a silica sol as a main component.

**SOLUTION:** Sulfuric acid is added to a sodium silicate aq. soln. and allowed to react with the sodium silicate, and a fertilizer having 100-800m<sup>2</sup>/g specific surface area and ≤5mm grain size, and whose pH of 5% slurry is 4-8 and consisting of the silica gel or the silica sol whose silicic acid concn. becomes ≥5ppm within 24hr from being charged into water is obtained. A growth of a gramineous crop is accelerated by spraying this fertilizer to a soil at which a gramineous crop is cultivated so that a spraying amount may be 1-100Kg/10a or by suspending the fertilizer in the water in a fine pulverous state, and after dispersion in a wide area by diffusing itself, the silicic acid is eluted into the water while settling by absorbing water itself. An extremely excellent effect is obtained as compared to a conventional silica fertilizer. Concretely, a result extremely high in silicic acid feeding power and silicic acid absorbing utilization of the plant is obtained.

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開平10-114588

(43) 公開日 平成10年(1998) 5 月 6 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I		
C05D 9/00		C05D 9/00		
A01G 1/00	303	A01G 1/00	303	A

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平8-267164	(71) 出願人	000237112 富士シリシア化学株式会社 愛知県春日井市高蔵寺町 2 丁目1846番地
(22) 出願日	平成 8 年(1996)10月 8 日	(72) 発明者	野田 隆信 愛知県春日井市高蔵寺町 2 丁目1846番地 富士シリシア化学株式会社内
		(72) 発明者	本田 博文 愛知県春日井市高蔵寺町 2 丁目1846番地 富士シリシア化学株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 足立 勉

(54) 【発明の名称】 肥料及びその使用方法

(57) 【要約】

【課題】 ケイ酸供給力や植物のケイ酸吸収利用効率の高い肥料及びその使用方法の提供。

【解決手段】 水稻の試験圃場にシリカゲルを 5 0 g / m<sup>2</sup> となるように施用したところ、従来のケイ酸肥料に比べて、水稻茎葉中のケイ酸含有率は極めて高くなった。これにより、茎はケイ化されて強固になるため、稲穂がたわわに実ったとしても、茎が折れたりすることがない。また、収量が増加した。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 シリカゲル又はシリカゾルを主成分とすることを特徴とする肥料。

【請求項 2】 イネ科植物に用いることを特徴とする請求項 1 記載の肥料。

【請求項 3】 前記シリカゲル又はシリカゾルは、水に投入してから 2 4 時間以内にケイ酸濃度が 5 p p m 以上となることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の肥料。

【請求項 4】 前記シリカゲル又はシリカゾルは、水に投入してから 2 4 時間以内にケイ酸濃度が 1 5 p p m 以上となることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の肥料。

【請求項 5】 病原菌及び害虫の予防に用いることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の肥料。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の肥料をイネ科植物を栽培する土壤に散布することによってイネ科植物の成長を促進させることを特徴とする肥料の使用

方法。  
【請求項 7】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の肥料を微粉末の状態で水に浮遊させることにより、自ら拡散して広範囲に分散しその後自ら吸水して沈降しつつケイ酸を水中に溶出することによってイネ科植物の生長を促進させることを特徴とする肥料の使用

方法。  
【請求項 8】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の肥料をイネ科植物の苗床へ敷設し、その後この苗床ごと栽培土壤に植えることを特徴とする肥料の使用

方法。  
【請求項 9】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の肥料を水田用の水の 1 又は数カ所に局所的に配置することにより、自らケイ酸を水中に溶出させて水田全体に拡散させることによってイネ科植物の生長を促進させることを特徴とする肥料の使用

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、肥料特にイネ、ムギ等のイネ科植物に適する肥料及びイネ科植物の成長促進方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】従来、イネを生育するための肥料としては、例えば、石灰肥料、マグネシア肥料、ケイ酸肥料、石灰窒素、リン酸肥料、カリ塩、過リン酸石灰、複合肥料 (N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、硫酸アンモニウム、リン酸アンモニウム、尿素、尿酸アンモニウムなどが使用されている。

【 0 0 0 3 】また、イネやムギはケイ素を多量に吸収することが知られている。イネのわらの灰分には約 8 0 %、ムギのわらの灰分には約 7 0 % の S i O<sub>2</sub> が含まれている。これらのイネ科植物においてケイ素が不足すると、表皮細胞のケイ化が行われず、茎が弱くなって倒れ易くなり、更にイモチ病などの病気にかかり易くなる。

【 0 0 0 4 】肥料成分としてケイ酸が認められたのは 1 9 5 5 年で、そのころから製鉄工業や非鉄金属工業の副

産スラグがケイカル肥料の名で利用され始めた。これらのスラグには C a O、M g O 等も含まれる。

## 【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】ケイカル肥料の多くは、塩基性のケイ酸カルシウムやケイ酸マグネシウムから成るため、酸性土壌中和の役割を果たす。かかるケイカル肥料では、ケイ酸が生成するためには、塩基性ケイ酸塩の分解を必要とするため、その作用は遅い。また、分解した後に p H の変化、カルシウム残渣の影響が少なからずある。

【 0 0 0 6 】このように、現状ではイネやムギにケイ酸を供給しようとする場合、ケイカル肥料を用いることになるが、この場合には、C a O や M g O やその他の不純物も一緒に散布されることになるため、土壤の p H が変動したり、不純物による予期せぬ問題が発生したりするおそれがある。

【 0 0 0 7 】本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、ケイ酸供給力や植物のケイ酸吸収利用効率の高い肥料及びこの肥料の使用

## 【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段、発明の実施の形態及び発明の効果】上記課題を解決するため、本発明の肥料特にイネ科植物に適する肥料は、シリカゲル又はシリカゾルを主成分とすることを特徴とする。尚、肥料とは、植物の生育に必要な成分を供給するため土壤に加える物質のことをいう。

【 0 0 0 9 】本発明は、従来、主に吸着剤として用いられていたシリカゲルにつき、ケイ酸肥料としての可能性を探索したところ、従来のケイ酸肥料（例えばケイカル）に比して際立って優れた効果が得られたものである。具体的には、ケイ酸 (S i O<sub>2</sub>) の供給能力や植物のケイ酸吸収利用効率（散布した肥料が実際にイネ科植物に取り込まれる割合）が従来品に比べて極めて高いという効果が得られた。これにより、植物の茎がケイ化されて強固になり例えばイネの場合には稲穂がたわわに実ったとしても茎が折れたり倒れたりするのを防止でき、また風雨等による倒伏も防止できる。

【 0 0 1 0 】また農作物の収量がアップする。これはおそらくケイ酸を多量に吸収した植物は光合成の効率が良くなり、また病気等に強くなるためと考えられる。加えて、本発明の肥料を施用した処理区においては、病原菌や害虫等による被害が抑制される、特にイモチ病の発生が抑制されるという効果が得られる。このイモチ病予防効果は、どのような作用によるものか定かではないが、茎等がケイ化することによりイモチ病を誘因する菌糸が植物体内に侵入しにくくなることが考えられる。

【 0 0 1 1 】ところで、シリカゲルとはケイ酸のゲルであり、S i O<sub>2</sub> ・ n H<sub>2</sub> O で表される。一般的に湿式製造法によるシリカゲルは、非多孔性非晶質なシリカコロイ

ド粒子が互いにシロキサン結合によって結合した三次元網目構造より成っているものであり、単位重量を構成するシリカコロイド粒子個々の表面積の総和が比表面積、これらシリカコロイド粒子の三次元網目により取り囲まれた空間が細孔容積である。

【0012】例えば、シリカゲルがケイ酸ナトリウム水溶液と硫酸より調製される場合、ケイ酸ナトリウムの加水分解によりモノケイ酸 $\text{Si}(\text{OH})_4$ が生成し、更に、モノケイ酸の脱水縮合によりコロイド次元のポリケイ酸粒子が形成され、液状物質いわゆるシリカゾルとなる。この際、コロイド粒子の大きさは、 $\text{SiO}_2$  濃度、塩濃度及びpH等により影響を受ける。シリカゾル中の個々のコロイド粒子は、その後、凝集して三次元網目構造を形成し、ついに、シリカゾルは流動性を失い、ゼラチン状の固まりとなる。この状態のものをシリカヒドロゲルと呼ぶ。包含するケイ酸ナトリウムと硫酸より生成する硫酸ナトリウムを水洗処理等により除去すれば初期シリカヒドロゾルに依存する量の水と二酸化ケイ素及び他の微量成分より成るシリカヒドロゲルが得られる。このシリカヒドロゲルを脱水、乾燥したものがシリカキセ

ロゲルである。

【0013】本発明の肥料の主成分として用いることのできるシリカゲルは、シリカヒドロゲルからシリカキセロゲルに至るすべての状態のシリカゲルを含む。代表的なシリカゲルの例としては、例えば、比表面積が $100 \sim 800 \text{ m}^2/\text{g}$ 、粒径が $5 \text{ mm}$ 以下、 $\text{pH} 4 \sim 8$ （5%スラリー）のものが挙げられる。尚、シリカゲルの形状は、粉末状、破碎状、球状等のいずれでもよい。また、シリカゾル（シリカヒドロゾル）も、本発明の肥料

の主成分として用いることができる。

【0014】本発明の肥料を例えば水田に用いる場合には、シリカゲル又はシリカゾルの水に対するケイ酸溶出速度は速ければ速いほど好ましい。一般に、イネがケイ酸を吸収する速度はかなり速く、特に出穂の時期には多くのケイ酸を吸うようになる。このため、時間当たりに溶出するケイ酸濃度が高ければ高いほど、つまりケイ酸供給力が高ければ高いほど、イネのケイ酸吸収効率がよく、成長が顕著に促進される。具体的には、シリカゲル又はシリカゾルは、水（イオン交換水や蒸留水等のようにケイ酸を含有していない水）に投入してから24時間

以内のケイ酸濃度が $5 \text{ ppm}$ 以上、特に $15 \text{ ppm}$ 以上となる性質を有することが好ましい。前者の条件を満たすシリカゲルとしては、シリカヒドロゲル、シリカキセロゲル、シリカヒドロゲルからシリカキセロゲルに至る状態のシリカゲル、例えばフジシリカゲルA形、B形（富士シリシア化学（株）製）があり、後者の条件を満たすシリカゲルとしては、含水シリカゲル（シリカヒドロゲルが脱水される過程において、もはや、細孔容積の減少が生じなくなった状態、すなわち強固なコロイド粒子三次元網目構造が形成され、なおかつ、含水している

状態からシリカキセロゲルに至る手前の含水状態のシリカゲル）がある。

【0015】また、水に対するケイ酸溶出速度は、シリカゲルの粒子径に大きく関連していると考えられ、溶出速度を速くするためには、粒子径が $100 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。本発明の肥料の施用量は $10 \text{ a}$ 当たりのシリカゲルの重量が $1 \sim 100 \text{ kg}$ の範囲であることが好ましい。施用量が下限値未満では本発明の効果が十分に得られないおそれがある。尚、施用量が上限値を超えたとしても過剰供給分は土壌に残存して来期に再び肥料としての作用を果たすため、特に問題はないが、散布に要する労力が大きくなる。

【0016】本発明の肥料を例えば水田に施用した場合と、施用しなかった場合とを比較すると、その収量は前者が後者に比べて増加する傾向にあり、病気（例えばイモチ病）の発生率は低下する傾向にある。また、この肥料は、窒素、リン酸又はカリと併用することが、より収量が上がるので好ましい。特に窒素と併用した場合には稲穂が豊富に実るため、本発明の肥料によって植物の茎を強くすることが好ましい。

【0017】本発明の肥料の使用方法としては、例えば、①本発明の肥料をイネ科植物を栽培する土壌に散布する方法、②本発明の肥料を微粉末の状態に水に浮遊させる方法、③本発明の肥料をイネ科植物の苗床へ敷設し、その後この苗床ごと栽培土壌に植える方法、④本発明の肥料を水田用の水の1又は数カ所に局所的に配置する方法（例えば水田の取水口付近に投下する方法）等が挙げられる。

【0018】前記①の方法では、ムラにならないよう均一に撒くことが好ましいが、前記②、③、④の方法では、均一に撒く作業を行う必要がないためハンドリングがよいという利点がある。特に②では、本発明の肥料を微粉末として例えば水田用の水に浮遊させれば、微粉末は自然拡散又は風等によって自ら広範囲に分散していくため、ハンドリングが一層優れている。尚、分散してから数時間～数日後にはシリカゲルは自ら吸水して沈降し、ケイ酸を水中に溶出することによってイネ科植物に吸収されその生長を促進させる。また、④では、本発明の肥料はケイ酸溶出速度が高いため、局所的に配置したとしても、水中に容易にケイ酸が溶出し水田全体に速やかに拡散してイネ科植物に吸収される。

【0019】例えば、イネ科植物がイネの場合には、イネが水中に溶解しているケイ酸を吸収してケイ酸濃度が下がると、その分本発明の肥料からケイ酸が迅速に溶出し、イネには十分にケイ酸が供給される。また、本発明の肥料はケイ酸溶出速度が高いため、例えば、イネの成長速度に合わせて必要な時期に散布することで、ケイ酸を植物体内に直ちに吸収させることができ、速効性がある。

【0020】

【実施例】以下に、本発明の好適な実施例について説明する。尚、以下の試験例 1、2 はいずれも道立中央農業試験場で行った。本発明のイネ科植物用肥料としての水田用肥料として、 $\text{SiO}_2$  99.5 重量%以上のフジシ

リカゲル A 形、B 形（いずれも富士シリシア化学（株）製）を用いた。これらの物性値を下記表 1 に示す。

【0021】

【表 1】

商品名	充填密度 (g/ml)	細孔容積 (ml/g)	表面積 ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	水分 (%)	平均粒子径
フジシリカゲル A 形	0.73	0.36	650	$\leq 2$	5~10mesh**
フジシリカゲル B 形	0.50	0.80	450	$\leq 2$	on 40mesh**

\*\* mesh : J I S 標準ふるい規格

【0022】また、従来のケイ酸肥料として、市販されている 2 種類のケイカル肥料（便宜上、市販 A、B と称する）を比較対照とした。

〔試験例 1〕 木枠試験

従来のケイ酸肥料である市販 A、B と、本発明の肥料で

あるフジシリカゲル A 形、B 形について、ケイ酸供給力を調べるために、下記表 2 のような木枠試験を行った。

【0023】

【表 2】

< 木枠試験の概要 >

試験圃場	グライ土
試験規模	木枠試験 7.2 $\text{m}^2$
品 種	キララ 397 25 株/ $\text{m}^2$
他の肥料	N-P-K 8-8-8 g/ $\text{m}^2$
供試サンプル	市販 A ( $\text{SiO}_2$ 30%(0.5N-HCl 可溶部(%)) 市販 B ( $\text{SiO}_2$ 20%(同上)) フジシリカゲル A 形 (富士シリシア化学 (株) 製) フジシリカゲル B 形 (富士シリシア化学 (株) 製)
施 用 法	全層施用 (耕起時)

【0024】実施例 1、2 では供試サンプルとしてフジシリカゲル A 形、B 形を施用し、比較例 1、2 では市販 A、B を施用した。各供試サンプルにつき、有効態とし

（下記表 3 参照）、耕起時に全層施用した。尚、対照区では供試サンプルを何も用いなかった。

【0025】

【表 3】

< 木枠試験の処理内容 >

No.	供試サンプル	施用量 (g/ $\text{m}^2$ )	Av-SiO <sub>2</sub> (g/ $\text{m}^2$ )
対照区	—	—	—
実-1	フジシリカゲル A	50	50
実-2	フジシリカゲル B	50	50
比-1	市 販 A	166	50
比-2	市 販 B	250	50

注) 施用量 : 現物の量、 Av-SiO<sub>2</sub> : 有効態としての SiO<sub>2</sub> 量

【0026】対照区、実施例 1、2、比較例 1、2 につき、水稻のケイ酸吸収を経時的に追跡した。その結果を表 4 に示す。この表 4 から明らかなように、実施例 1、2 とともに、比較例 1、2 に比べてケイ酸の吸収利用効率が

極めて高く（9~13%増）、水稻茎葉中のケイ酸含有率は高くなる傾向にあった。

【0027】

【表 4】

## &lt; 水稻のケイ酸吸収について &gt;

No.	SiO <sub>2</sub> (%)			SiO <sub>2</sub> (g/m <sup>2</sup> )		利用効率(%)
	8/08	稈	穂	8/08	9/19	
対照区	5.5	7.9	2.8	29.8	62.9	—
実-1	6.4	10.3	3.2	35.6	83.4	41.0
実-2	6.2	10.0	3.1	37.0	81.3	36.8
比-1	6.1	9.0	3.1	35.1	76.6	27.4
比-2	6.1	9.4	3.1	34.5	77.1	28.4

尚、利用効率は、下記式に基づいて算出した。

$$\frac{\text{SiO}_2(\text{g/m}^2)\text{の最終測定日(9/19)の数値}-\text{対照区の数値}}{\text{SiO}_2\text{施用量}(\text{g/m}^2)} \times 100$$

【0028】また、対照区、実施例1、2、比較例1、2につき、収量を調査した。その結果を表5に示す。この表5から明らかなように、対照区に比べてケイ酸肥料を与えた実施例1、2及び比較例1、2では収量が増加

する傾向にあり、また、比較例1、2に比べて実施例1、2では収量が更に増加する傾向にあった。

【0029】

【表5】

## &lt; 収量 &gt;

No.	総重量 (g)	わら重量 (g)	もみ重量 (g)	玄米重量 (g)	比
対照区	1401	668	733	582	100
実-1	1462	667	795	625	107
実-2	1476	666	810	644	110
比-1	1466	694	772	611	105
比-2	1447	669	778	610	105

注) 比: (サンプルの玄米重量) / (対照区の玄米重量)

【0030】次に、収穫跡地の土壌中の可給態ケイ酸含量を調査したところ、表6の結果が得られた。この表6から明らかなように、比較例1、2ではケイ酸濃度が対照区とほとんど変わらず、効率的にケイ酸が供給されているとはいえない。これに対して、実施例1、2では対

照区と比べてケイ酸濃度が1.27～1.43倍に増加しており、これはケイ酸供給力が極めて高いことを示している。

【0031】

【表6】

## &lt; 土壌中可給態ケイ酸の変化について &gt;

供試サンプル	施用量 (g/m <sup>2</sup> )	Av-SiO <sub>2</sub> (mg/100g)	
		グライ土	泥炭土
対 照	—	6.3	5.3
市 販 A	166	6.3	7.1
市 販 B	250	6.7	6.9
フジシリカゲル A	50	8.0	16.2
フジシリカゲル B	50	9.0	12.7

注) Av-SiO<sub>2</sub>: 土壌中可給態ケイ酸、については表1と同じ。

1-4、1-5における泥炭土では施用量200g/m<sup>2</sup>とした。

【0032】以上の木枠試験から、実施例1、2は、比較例1、2と比べて、ケイ酸の供給力が極めて高く、水稻茎葉中のケイ酸含有率も極めて高くなった。これにより、茎はケイ化されて強固になるため、稲穂がたわわに実ったとしても茎が折れたり倒れたりすることがなく、風雨によっても倒伏しないという効果が得られる。

【0033】また、実施例1、2は、対照区と比べて収量が7～10%増加し、また比較例1、2と比べても2～5%増加した。即ち、水稻の成長が顕著に促進された。更に、従来のケイ酸肥料では、例えばケイカル肥料には本来不要であるカルシウムが含有されている等、不

要物や不純物が含まれていたが、実施例1、2におけるフジシリカゲルA形、B形はいずれも純度が99.5重量%以上であるため、不要物・不純物によって施用量が増加することがなく容易に散布が行え、また、不要物・不純物による作物への影響を心配するおそれもない。

【試験例2】 圃場試験

本発明のイネ科植物用肥料であるフジシリカゲルA形について、ケイ酸供給源としての効果を調べるために、下記表7のような圃場試験を行った。

【0034】

【表7】

## &lt;圃場試験の概要&gt;

試験圃場	グライ土、泥炭土
試験規模	1区25~50m <sup>2</sup>
品 種	キララ397 25株/m <sup>2</sup>
他の肥料	N-P-K 8-8-8g/m <sup>2</sup>
供試サンプル	フジシリカゲルA形(富士シリシア(株)製)
施 用 法	全層施用(耕起時)

【0035】試験処理内容については、下記表8にまとめた。即ち、実施例n(nは3~8)には比較例nが対応するようにし、両者はシリカゲルの施用の有無を除き、同じ条件とした。また、実施例3~5及び比較例3~5では土壌としてグライ土(前年に200kg/10a施用したもの)を使用し、実施例6~8及び比較例6~8では土壌として泥炭土を使用した。窒素肥料の施用量は0、4、8(kg/10a)の3段階とし、りん酸・カリはすべての処理区において8(kg/10a)とした。尚、シリカゲルは試験例1と同様、耕起時に全層施用した。

【0036】

【表8】

## &lt;試験処理内容&gt;

No.	土壌	シリカゲル (kg/10a)	窒素 (kg/10a)	りん酸 カリ
実-3	グライ土	100	0	各区共通 8(kg/10a)
比-3	"	0	0	
実-4	"	100	4	
比-4	"	0	4	
実-5	"	100	8	
比-5	"	0	8	
実-6	泥炭土	100	0	各区共通 8(kg/10a)
比-6	"	0	0	
実-7	"	100	4	
比-7	"	0	4	
実-8	"	100	8	
比-8	"	0	8	

注) シリカゲル: フジシリカゲルA形(富士シリシア化学(株)製)

## &lt;シリカゲルによるケイ酸供給と水稻の吸収&gt;

No.	土壌溶液(Si:ppm)			茎葉中SiO <sub>2</sub> (%)			吸収量SiO <sub>2</sub> kg/10a			利用 効率
	6/01	6/22	7/12	7/12	8/07	9/25	7/12	8/07	9/25	
実-3	10.7	9.7	8.8	5.9	9.0	12.7	4.0	39.2	71.3	
比-3	6.7	5.0	4.0	3.8	6.2	9.2	2.5	26.8	50.9	
実-4	13.0	11.5	10.3	5.2	9.5	12.5	5.5	53.8	82.6	
比-4	6.6	4.9	3.5	2.9	4.7	6.5	3.1	25.1	47.0	
実-5	12.6	11.0	10.9	4.8	8.6	11.0	5.6	57.2	94.3	
比-5	6.5	4.8	3.8	2.7	4.1	6.1	3.2	25.0	49.9	
実-6	10.7	12.2	10.2	6.5	7.7	13.1	3.5	28.4	74.8	
比-6	7.5	5.8	4.5	3.5	5.4	7.3	1.9	18.9	42.0	
実-7	11.6	10.3	11.3	5.9	7.2	13.0	4.5	35.7	87.1	
比-7	7.4	5.4	4.2	3.1	5.2	6.4	2.6	24.5	43.6	
実-8	11.4	14.8	14.3	6.1	7.0	12.7	6.0	40.4	88.5	
比-8	6.9	5.6	4.4	3.3	4.6	6.2	3.1	25.4	48.2	

【0039】また、実施例3~8及び比較例3~8につき、収量を調査した。その結果を表10に示す。この表10から明らかなように、各実施例の収量は対応する比

【0037】実施例3~8及び比較例3~8につき、ケイ酸供給と水稻の吸収を経時的に追跡した。その結果を表9に示す。尚、表9における土壌溶液の欄は、水田の水をろ過した後、その水に含まれるSi濃度を測定した値である。この表9から明らかなように、実施例3~8のいずれも比較例3~8に比べて、水田の水のケイ酸濃度が高く、ケイ酸の吸収利用効率が高く、水稻茎葉中のケイ酸含有率は高くなる傾向にあった。

【0038】

【表9】

較例に対して概ね増加する傾向にあった。

【0040】

【表10】

## &lt;収量&gt;

N o.	総重量 (kg/10a)	わら重量 (kg/10a)	もみ重量 (kg/10a)	玄米重量 (kg/10a)	比
実-3	959	460	499	401	100
比-3	956	451	495	396	101
実-4	1206	530	676	531	98
比-4	1204	530	674	540	100
実-5	1504	685	819	631	107
比-5	1356	607	749	592	100
実-6	1031	455	576	460	107
比-6	979	448	531	431	100
実-7	1210	526	684	543	108
比-7	1179	553	626	501	100
実-8	1359	584	775	605	106
比-8	1331	611	720	570	100

注) 比: (実施例の玄米重量) / (対応する比較例の玄米重量)

【0041】以上の圃場試験から、水田用肥料であるフジシリカゲルA形は、水稻に対するケイ酸供給能力が優れ、その利用効率も優れていた。また、フジシリカゲルA形を施用した処理区では、収量が増加する傾向にあり、水稻の成長が促進されたのみならず、イモチ病発生率も未処理区と比べて減少する傾向にあった。

## 【試験例3】 ケイ酸溶出試験

シリカゲルに対するケイ酸溶出速度を調査すべく、ケイ酸溶出試験を行った。

【0042】供試サンプルとして、シリカゲルパウダA、シリカゲルパウダB、シリカヒドロゲル（製法については「課題を解決するための手段、発明の実施の形態及び発明の効果」の欄を参照）、シリカキセロゲル（上記フジシリカゲルA形と同じ）、ケイカル肥料（市販品）を用いた。各サンプルの物性を表11に示す。尚、

シリカゲルパウダAは含水シリカゲルであるシリカゲルパウダBの微粉末である。

【0043】含水シリカゲルの調製法は公知の方法（例えば特開昭62-207712号記載の方法）を用いた。即ち、ケイ酸ナトリウム水溶液〔SiO<sub>2</sub> 20wt%〕と12N硫酸とを混合機中に一定量投入し、過剰酸濃度1.0Nの均一なシリカゾルを調製し、次いで、該シリカゾルを室温で2時間放置して十分な重合を行わせゲル化し、均一透明な塊状シリカヒドロゲルを得、更にこのシリカヒドロゲルを水洗することにより、可溶性塩の除去及び熟成を行った。その後、このシリカヒドロゲルを所望の含水量になるように熱風乾燥し、次いで所望の粒子径となるように粉碎することにより得た。

## 【0044】

## 【表11】

供試サンプル	SiO <sub>2</sub> 含有率 (%)	比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	平均粒子径 (μm)	水分 (wt%)
シリカゲルパウダA	88~93	700	2~3	7~12
シリカゲルパウダB	88~93	700	16~18	7~12
シリカヒドロゲル	66.0	650	(5~10mesh)*	34
シリカキセロゲル	>98	650	(5~10mesh)	—
ケイカル肥料	32.0	—	—	—

\* mesh: JIS標準ふるい規格

【0045】ケイ酸の定量は次のようにして行った。即ち、それぞれの供試サンプル（シリカ換算で10.0g）をpH6.5の蒸留水1Lに入れ、よく攪拌後静置し、所定の時間毎にサンプリングし、シリカの定量分析を行った。溶出シリカの定量にはイオン状シリカを定量することで結果とした。本方法はイオン状シリカは7モリブデン酸6アンモニウムと反応して生成するヘテロポリ化合物（黄色）の吸光度をUbet-50型分光光度計（日本分光（株）製）で測定してケイ酸を定量した。

【0046】このようにして行ったケイ酸溶出試験の結果を図1のグラフに示す。この図1から明らかなように、ケイ酸溶出速度は、シリカゲルパウダA>シリカゲルパウダB>シリカキセロゲル、シリカヒドロゲル>ケイカル肥料の順であった。水に投入してから3時間後及び24時間後のケイ酸濃度を表12にまとめた。

## 【0047】

## 【表12】

&lt;3時間後、24時間後のケイ酸濃度&gt;

供試サンプル	SiO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)	
	3時間後	24時間後
シリカゲルパウダA	40	47.5
シリカゲルパウダB	16	20.6
シリカヒドロゲル	3	6.4
シリカキセロゲル	2	5.0
ケイカル肥料	0.1	2.8

【0048】ところで、上記試験例1における表6の結果から、ケイ酸溶出速度と水稻のケイ酸吸収効率には関係がある。即ち、ケイ酸溶出速度が速いほどつまり単位時間あたりに水に溶出するケイ酸の量が多いほど、水稻のケイ酸吸収効率は高い。また、上記試験例1において、市販A、B即ちケイカル肥料のケイ酸溶出速度では



水稻のケイ酸吸収効率及び収量が十分高くなかったこと、及び、フジシリカゲルA型即ちシリカセロゲルのケイ酸溶出速度では水稻のケイ酸吸収効率及び収量とも十分高くなったこと、から、溶出速度は、少なくともシリカセロゲルのケイ酸溶出速度があれば十分な効果が得られるといえる。このため、シリカゲルは、蒸留水に投入してからケイ酸濃度が3時間後に2ppm以上、24時間後に5ppm以上となることが好ましいといえる。

【0049】 上述したようにケイ酸溶出速度は高いほど有利であるため、水田用肥料としての適性は、ハンドリング性を考慮しなければ、シリカゲルパウダA>シリカゲルパウダB>シリカセロゲル、シリカヒドロゲルの順である。尚、本発明は上記各実施例に限定されることなく、本発明の技術的範囲に属する限り、種々の態様で実施できることはいうまでもない。

【0050】 例えば、上記試験例2の圃場試験において

は、シリカゲル（フジシリカゲルA形）は水田にほぼ均一に散布したが、イネの苗床へシリカゲルを敷設し、その後この苗床ごと栽培土壌に植えてもよく、この場合にも同様の効果が得られる。あるいは、同シリカゲルを微粉末の状態で水田用の水に浮遊させてもよく、この場合、シリカゲルは自ら拡散して広範囲に分散しその後自ら吸水して沈降しつつケイ酸を水中に溶出することによって、ケイ酸がイネ科植物に吸収されその生長を促進させる。

【0051】 あるいは、同シリカゲルを水田用の水の1又は数カ所に局所的に配置してもよく、この場合、シリカゲルは自らケイ酸を水中に溶出させてそのケイ酸が水田全体に拡散することによって、ケイ酸がイネ科植物に吸収されその生長を促進させる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ケイ酸溶出試験の結果を表すグラフである。

【図1】

